

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Dezember 2003 (24.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/107609 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04L 12/64, 12/44, H04J 3/06

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT03/00164

(22) Internationales Anmeldedatum:  
4. Juni 2003 (04.06.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
A 895/2002 13. Juni 2002 (13.06.2002) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FTS COMPUTERTECHNIK GES.M.B.H. [AT/AT]; Föhrenweg 8, A-2500 Baden bei Wien (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOPETZ, Hermann [AT/AT]; Am Bühel 12, A-2500 Baden bei Wien (AT).

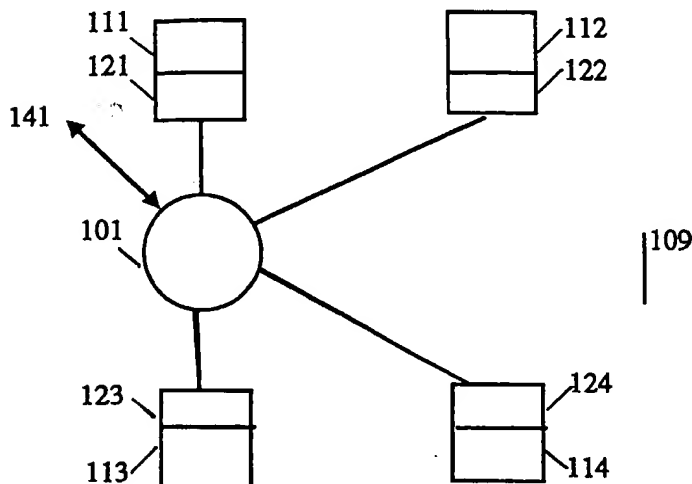
(74) Anwalt: MATSCHNIG, Franz; Siebensterngasse 54, A-1071 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMMUNICATION METHOD AND SYSTEM FOR TRANSMITTING TIMED AND EVENT-DRIVEN ETHERNET MESSAGES

(54) Bezeichnung: KOMMUNIKATIONSVERFAHREN UND SYSTEM ZUR ÜBERTRAGUNG VON ZEITGESTEUERTEN UND EREIGNISGESTEUERTEN ETHERNET-NACHRICHTEN



(57) Abstract: The invention relates to a communication method for transmitting Ethernet messages in a distributed real-time system in which a plurality of network node computers, e.g. four network node computers (111, 112, 113, 114) comprising at least one communication controller (121, 122, 123, 124) each, are linked via a communication system that comprises one or more communication channels (109), whereby in every communication channel one or more intelligent star couplers (101, 102) are disposed. According to the invention, a distinction is made between conventional Ethernet messages (ET messages) and timed Ethernet messages (TT messages), the TT messages being transported with an a priori known constant delay time (?) between transmitter and receiver. If

there is a time conflict between ET and TT messages, the transport of the conflicting ET messages is delayed or interrupted in order to be able to transport the TT message with the constant delay time (?). The invention further relates to a corresponding communication system and to a star coupler suitable for such a communication system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Kommunikationsverfahren zur Übertragung von Ethernet-Nachrichten in einem verteilten Echtzeitsystem, in dem eine Vielzahl von Knotenrechnern, z.B. vier Knotenrechner (111, 112, 113, 114), die über mindestens je einen Kommunikationskontroller (121, 122, 123, 124) verfügen, über ein Kommunikationssystem bestehend aus einem oder mehreren Kommunikationskanälen (109) verbunden sind, wobei in jedem Kommunikationskanal ein oder mehrere intelligente Sternkoppler (101, 102) angeordnet sind. Erfindungsgemäss wird zwischen herkömmlichen Ethernet-Nachrichten (ET-Nachrichten) und zeitgesteuerten Ethernet-Nachrichten (TT-Nachrichten) unterschieden, wobei die TT-Nachrichten mit einer a priori bekannten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/107609 A1

BEST AVAILABLE COPY



CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) zwischen Sender und Empfänger transportiert werden, und bei einem zeitlichen Konflikt zwischen ET- und TT-Nachrichten der Transport der in Konflikt stehenden ET-Nachricht verzögert oder abgebrochen wird, um die TT-Nachricht mit der konstanten Verzögerungszeit (A) transportieren zu können. Weiters betrifft die Erfindung ein entsprechendes Kommunikationssystem sowie einen Sternkoppler für ein solches Kommunikationssystem.

## **KOMMUNIKATIONSVERFAHREN UND SYSTEM ZUR ÜBERTRAGUNG VON ZEITGESTEUERTEN UND EREIGNISGESTEUERTEN ETHERNET-NACHRICHTEN**

Die Erfindung betrifft ein Kommunikationsverfahren zur Übertragung von Ethernet-Nachrichten in einem verteilten Echtzeitsystem, in dem eine Vielzahl von Knotenrechnern, z.B. vier Knotenrechner, die über mindestens je einen Kommunikationskontroller verfügen, die über ein Kommunikationssystem bestehend aus einem oder mehreren Kommunikationskanälen verbunden sind, wobei in jedem Kommunikationskanal ein oder mehrere intelligente Sternkoppler angeordnet sind.

Weiters betrifft die Erfindung einen Sternkontroller für ein Kommunikationssystem zur Übertragung von Ethernet-Nachrichten in einem verteilten Echtzeitsystem umfassend eine Vielzahl von Knotenrechnern, z.B. vier Knotenrechner, die über mindestens je einen Kommunikationskontroller verfügen, wobei das Kommunikationssystem aus einem oder mehreren Kommunikationskanälen besteht, über welche die Knotenrechner miteinander verbunden sind, und wobei in jedem Kommunikationskanal ein oder mehrere intelligente Sternkoppler angeordnet sind.

Im weiteren Text wird auf die untenstehend angegebene Literatur verwiesen:

[1] US 5694542 issued on Dec. 12, 1989: A loosely coupled distributed computer system with node synchronization for precision in real time.

[2] EP 0 658 257 vom 18.12.1996: Kommunikationskontrolleinheit und Verfahren zur Übermittlung von Nachrichten.

[3] US 5887143 issues on March 23, 1999: Time-Triggered Communication Control Unit and Communication.

[4] AT 407 582 vom 15.6.2000: Nachrichtenverteilereinheit mit integriertem Guardian zur Verhinderung von Babbling Idiot Fehlern.

[5] AT 408 383 vom 15.3.2001: Verfahren und Kommunikationskontrolleinheit zur Multimasteruhrensynchronisation in einem verteilten Echtzeitcomputersystem.

[6] AT Patentanmeldung 1723/2001 vom 10. 10. 2000: Verfahren zur Tolerierung von slightly-off-specification Fehlern in einem verteilten fehlertoleranten Echtzeitsystem.

[7] AT Patentanmeldung 429/2001 vom 19.3.2001: Kommunikationsverfahren zur Realisierung von Ereigniskanälen in einem zeitgesteuerten Kommunikationssystem.

[8] IEEE Ethernet Standard 802.3 at URL: <http://standards.ieee.org>

[9] Kopetz, H. (1997). Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications; ISBN: 0-7923-9894-7. Boston. Kluwer Academic Publishers

[10] Sharon, O., Spratt, M., „A CSMA/CD compatible MAC for real-time transmission based on varying collision intervals“. In: INFCOM '98. Seventh Annual Meeting Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE, Volume: 3, 1998, Seiten 1265 – 1272 vol. 3.

In den vergangen zwanzig Jahren hat sich der IEEE Ethernet Standard 802.3 [8] so weit durchgesetzt, dass aufgrund des vorhandenen Massenmarktes für Ethernet Controller im Personal Computer Bereich die Kosten für Ethernet basierte Kommunikationssysteme sehr stark gesunken sind. Aus diesen Kostengründen wird Ethernet auch zunehmend in der Echtzeitdatenverarbeitung eingesetzt, obwohl das vorhandene Ethernetprotokoll keine guten Echtzeiteigenschaften, wie minimaler Jitter, besitzt.

Aus [10] ist ein CSMA/CD-System bekannt, bei dem Nachrichten in solche niedriger und hoher Priorität unterteilt werden, wobei bei einem Konflikt zweier Nachrichten jener Nachricht mit hoher Priorität der Vorzug gegeben wird.

Mit der hier vorgeschlagenen Vorgangsweise alleine lassen sich allerdings die Echtzeiteigenschaften des Ethernetprotokolls nicht wesentlich verbessern.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Übertragung von Ethernet-Nachrichten mit guten Echtzeit-Eigenschaften zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird mit einem eingangs erwähnten Verfahren dadurch gelöst, dass erfindungsgemäß zwischen herkömmlichen Ethernet-Nachrichten (ET-Nachrichten) und zeitgesteuerten Ethernet-Nachrichten (TT-Nachrichten) unterschieden wird, die TT-Nachrichten mit einer a priori bekannten konstanten Verzögerungszeit zwischen Sender und Empfänger transportiert werden, und bei einem zeitlichen Konflikt zwischen ET- und TT-Nachrichten der Transport der in Konflikt stehenden ET-Nachricht verzögert oder abgebrochen wird, um die TT-Nachricht mit der konstanten Verzögerungszeit transportieren zu können.

Weiters wird die eingangs erwähnte Aufgabe mit einem eingangs erwähnten Sternkontroller gelöst, der erfindungsgemäß dazu eingerichtet ist, zwischen herkömmlichen Ethernet-Nachrichten (ET-Nachrichten) und zeitgesteuerten Ethernet-Nachrichten (TT-Nachrichten) zu unterscheiden, die TT-Nachrichten mit einer a priori bekannten konstanten Verzögerungszeit zwischen Sender und Empfänger zu transportieren, wobei bei einem zeitlichen Konflikt zwischen ET- und TT-Nachrichten der Transport der in Konflikt stehenden ET-Nachricht verzögert oder abgebrochen wird, um die TT-Nachricht mit der konstanten Verzögerungszeit transportieren zu können.

Im Gegensatz zu der in [10] geoffenbarten „non pre-emptive“ Lösung muss bei der vorliegenden Erfindung nicht das Ende des Sendens einer Nachricht mit niedriger Priorität abgewartet werden, sondern es wird die Nachricht niedriger Priorität abgebrochen, um die Nachricht hoher Priorität senden zu können („pre-emptive“). Dadurch ist es auch nicht notwendig, die maximale Laufzeit von Nachrichten mit niedriger Priorität abzuwarten, und die konstante Latenz kann somit auch kurz gehalten werden.

Durch das Garantieren einer konstanten Verzögerungszeit kann eine hohe regelungstechnische Genauigkeit erreicht werden. Die konstante Verzögerungszeit ist dabei aus dem Grund von besonderer Bedeutung, da wie aus der Theorie der Uhrensynchronisation bekannt ist, die Variabilität der Verzögerungszeit (das ist die Differenz zwischen der maximalen und der minimalen Verzögerungszeit) die Genauigkeit der Uhrensynchronisation verschlechtert. Eine a priori bekannte konstante Verzögerungszeit kann im Uhrensynchronisationsalgorithmus berücksichtigt werden und hat daher keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Uhrensynchronisation. Eine ungenaue Uhrensynchronisation führt zu einer schlechten Zeitbasis, da die Granularität der globalen Zeit größer sein muss als die Genauigkeit der Uhrensynchronisation. Eine grobe Granularität der Uhren führt zu einer ungenauen zeitlichen Auflösung von Ereignissen. Weiters bestimmt die Variabilität der Verzögerungszeit auch die Genauigkeit der Synchronisation verteilter Aktionen in einem verteilten Computersystem.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, die Echtzeiteigenschaften eines auf Ethernet Nachrichten aufbauenden Kommunikationssystems wesentlich zu verbessern. Dieses neue Kommunikationssystem unterstützt den Parallelbetrieb von ereignisgesteuerten und zeitgesteuerten Ethernet-Nachrichten in einem einzigen Kommunikationssystem. Im folgenden werden die klassischen Ethernet-Nachrichten als ET-(event-triggered) Nachrichten und die zeitgesteuerten Ethernet-Nachrichten als TT-(time-triggered) Nachrichten bezeichnet. Die TT-Nachrichten haben eine konstante Verzögerungszeit und minimalen Jitter.

Durch die Erfindung ergeben sich folgende signifikante wirtschaftliche Vorteile. Der minimale Jitter der TT-Nachrichten ermöglicht den Aufbau von Regelkreisen von hoher regulationstechnischer Qualität. Die TT-Nachrichten ermöglichen den Aufbau einer globalen Zeit mit guter Präzision. Die globale Zeit unterstützt die Generierung genauer lokaler Zeitstempel in der Datenerfassung und ermöglicht es, die temporale Spezifikation der Schnittstellen zu verbessern. Außerdem können herkömmliche Ethernet-Controller ohne Änderungen eingesetzt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich besonders einfach realisieren, wenn die konstante Verzögerungszeit so gewählt wird, dass innerhalb dieser Verzögerungszeit die Ausgangskanäle des Sternkopplers für den Transport der eintreffenden TT-Nachricht frei gemacht werden können.

Bei einer Ausführungsform ist in einem ausgezeichneten Feld der Nachricht gekennzeichnet, ob die Nachricht eine TT-Nachricht oder eine ET-Nachricht ist.

Weiters kann in einer TT-Nachricht ein optionales Zeitfeld enthalten sein, das den Sendezeitpunkt der Nachricht angibt.

Von Vorteil ist es dabei, wenn bereits durch eine a priori Planung festgelegt wird, dass zwischen dem Transport von zwei TT-Nachrichten ein zeitlicher Abstand von mindestens der konstanten Verzögerungszeit eingehalten wird.

Weiters wird die oben erwähnte Aufgabe mit einem eingangs erwähnten System gelöst, welches erfindungsgemäß dazu eingerichtet ist, zwischen herkömmlichen Ethernet-Nachrichten (ET-Nachrichten) und zeitgesteuerten Ethernet-Nachrichten (TT-Nachrichten) zu unterscheiden und die TT-Nachrichten mit einer a priori bekannten konstanten Verzögerungszeit zwischen Sender und Empfänger zu transportieren, wobei bei einem zeitlichen Konflikt zwischen ET- und TT-Nachrichten der Transport der in Konflikt stehenden ET-Nachricht verzögert oder abgebrochen wird, um die TT-Nachricht mit der konstanten Verzögerungszeit transportieren zu können.

Wie bereits oben erwähnt, ist es von Vorteil, wenn die konstante Verzögerungszeit so gewählt ist, dass innerhalb dieser Verzögerungszeit die Ausgangskanäle des Sternkopplers für den Transport der eintreffenden TT-Nachricht frei gemacht werden können.

Außerdem kann vorgesehen sein, dass in einem ausgezeichneten Feld der Nachricht gekennzeichnet ist, ob die Nachricht eine TT-Nachricht oder eine ET-Nachricht ist.

Weiters kann in einer TT-Nachricht ein optionales Zeitfeld enthalten sein, das den Sendezeitpunkt der Nachricht angibt.

Von Vorteil ist es dabei, wenn bereits durch eine a priori Planung festgelegt ist, dass zwischen dem Transport von zwei TT-Nachrichten ein zeitlicher Abstand von mindestens der konstanten Verzögerungszeit eingehalten wird.

Bei einer konkreten Ausführungsform des Kommunikationssystems ist vorgesehen, dass dem Sternkoppler über eine Konfigurationsnachricht bekannt gegeben wird, zu welchen Zeitpunkten eintreffende Nachrichten TT-Nachrichten sind.

Dabei unterscheidet der Sternkoppler zwischen TT-Nachrichten und ET-Nachrichten und transportiert die TT-Nachrichten mit einer a priori bekannten konstanten Verzögerungszeit, und bei einem zeitlichen Konflikt zwischen ET- und TT-Nachrichten bricht er den Transport der in Konflikt stehenden ET-Nachricht ab, um die TT-Nachricht mit der konstanten Verzögerungszeit transportieren zu können.

Dabei ist dann vorgesehen, dass der Sternkoppler nach der zeitgerechten Übertragung einer TT-Nachricht die in Konflikt gestandene abgebrochene ET-Nachricht erneut sendet.

Weiters kann vorgesehen sein, dass der Sternkoppler seine lokale Uhr unter Nutzung des in einer TT-Nachricht enthaltenen Zeitfeldes synchronisiert.

Besonders günstig ist es dabei, wenn der Sternkoppler seine lokale Uhr unter Nutzung der in mehreren TT-Nachrichten enthaltenen Zeitfelder fehlertolerant synchronisiert.

Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass der Sternkoppler über einen dedizierten unidirektionalen Kanal, auf dem alle TT-Nachrichten, die der Sternkoppler transportiert, ausgegeben werden, mit den replizierten Sternkopplern innerhalb eines Clusters von Knotenrechnern verbunden ist.

Zusätzlich ist es dann noch möglich, dass der Sternkoppler bei jeder TT-Nachricht auf der Basis seiner lokalen Zeit überprüft, ob die TT-Nachricht innerhalb eines a priori bekannten Zeitfensters um den in der Nachricht enthaltenen Sendezeitpunkt ankommt, und der Sternkoppler bei verfrühtem oder verspätetem Eintreffen einer TT-Nachricht die Nachricht so verstümmelt, dass alle korrekten Empfänger die Nachricht als fehlerhaft erkennen.

Der Sternkoppler dekodiert jede TT-Nachricht und kodiert diese auf der Basis seines lokalen Zeitgebers erneut.

Der Sternkoppler liest ein oder mehrere ausgewählte Felder von TT-Nachrichten und überprüft während der Verzögerungszeit, ob der Inhalt dieser Felder mit bekannten Kriterien, die dem Sternkoppler über eine Konfigurationsnachricht a priori mitgeteilt wurden, übereinstimmt. Falls eine Übereinstimmung nicht gegeben ist, wird die Nachricht so verstümmelt, dass alle korrekten Empfänger die Nachricht als fehlerhaft erkennen.

Außerdem ist erfindungsgemäß noch vorgesehen, dass der Kommunikationskontroller seine lokale Uhr unter Nutzung des in einer TT-Nachrichten enthaltenen Zeitfeldes synchronisiert.

Der Kommunikationskontroller synchronisiert seine lokale Uhr unter Nutzung der in mehreren TT-Nachrichten enthaltenen Zeitfelder fehlertolerant.

Außerdem sendet der Kommunikationskontroller eine von einer auf einem Knotenrechner ausgeführten Applikation übernommene TT-Nachricht autonom, sobald der in der Nachricht im Zeitfeld angegebene Sendezeitpunkt erreicht wird.

Weiters ist vorgesehen, dass der Kommunikationskontroller zwischen ET- und TT-Nachrichten unterscheidet und der Kommunikationskontroller die ET-Nachrichten entsprechend der Ereignissemantik an die lokale Applikationssoftware anbietet, wobei eine neue Nachricht in eine Warteschlange eingereiht wird, aus der von der Applikationssoftware konsumierend gelesen wird, und der Kommunikationskontroller TT-Nachrichten entsprechend der Zustandssemantik an die lokale Applikationssoftware anbietet, wobei eine neue Nachricht die alte Version der Nachricht ersetzt und das Lesen durch die lokale Applikationssoftware nicht konsumierend erfolgt.

Schließlich verfügt der Kommunikationskontroller über zwei oder mehr unabhängige Kommunikationskanäle, auf denen identische Kopien einer TT-Nachricht angeboten werden, und der einen Kommunikationsvorgang als erfolgreich betrachtet, wenn auf mindestens einem dieser redundanten Kanäle eine gültige TT-Nachricht rechtzeitig eintrifft.

Im Folgenden ist die Erfindung an Hand der Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigt

Fig. 1 die Struktur eines verteilten Computersystems mit einem Sternkoppler,



Fig. 2 die Struktur eines verteilten Computersystems mit zwei Sternkoppler,

Fig. 3 den Aufbau einer standardisierten normalen Ethernet Nachricht,

Fig. 4 den Aufbau einer standardisierten erweiterten Ethernet Nachricht,

Fig. 5 den Aufbau einer TT-Ethernet Nachricht, und

Fig. 6 die Bitfelder eines TT-Parameterfeldes der TT-Ethernet-Nachricht.

Im Folgenden wird eine Realisierung des neuen Verfahrens an einem möglichen Beispiel mit vier Knotenrechnern, die über einen oder zwei replizierte Sternkoppler verbunden sind, gezeigt.

Fig. 1 zeigt ein verteiltes Computersystem mit einem Sternkoppler. Es besteht aus den vier Knotenrechner 111, 112, 113, und 114, die über je einen Kommunikationskontroller 121, 122, 123, und 124 mit je einem bidirektionalen Kommunikationskanalanschluss verfügen, und die über ein Kommunikationssystem bestehend aus einem Kommunikationskanal 109 verbunden sind. In diesem Kommunikationskanal befindet sich ein intelligenter Sternkoppler 101 zur zentralen Steuerung der Kommunikation. Der Sternkoppler 101 kann über einen optionalen getrennten Kommunikationskanal 141 initialisiert und beobachtet werden.

Fig. 2 zeigt ein verteiltes fehlertolerantes Computersystem mit zwei Sternkopplern. Es besteht aus den vier Knotenrechner 111, 112, 113, und 114, die über je einen Kommunikationskontroller 121, 122, 123, und 124 mit je zwei bidirektionalen Kommunikationskanalanschlüssen verfügen. Jeder dieser Kommunikationskanalanschlüsse ist mit je einem intelligenten Sternkoppler 101 und 102 verbunden, die die zentrale Steuerung der Kommunikation vornehmen. Der Sternkoppler 101 kann seine Nachrichten über Kanal 151 an den Sternkoppler 102 senden und kann über den getrennten Kommunikationskanal 141 initialisiert und beobachtet werden. Der Sternkoppler 102 kann seine Nachrichten über Kanal 152 an den Sternkoppler 101 senden und kann über den getrennten Kommunikationskanal 142 initialisiert und beobachtet werden.

Fig. 3 zeigt den Aufbau einer entsprechend [8] standardisierten normalen Ethernet Nachricht. Nach einer Preamble 301 mit einer Länge von 7 Bytes befindet sich das Start Delimiter Feld 302, die Zieladresse 303, die Senderadresse 304, die Nachrichtenlänge bzw. der Type der Nachricht 307, das variable Datenfeld 310, das optionale PAD Feld 311, mit dem kurze Nachrichten verlängert werden, und die Frame-Check Sequence 312.

Fig. 4 zeigt den Aufbau einer entsprechend [8] standardisierten erweiterten Ethernet Nachricht. In Ergänzung zu den in Fig. 3 beschriebenen Feldern findet sich in Feld 305 eine Kennung für die erweiterte Nachricht und im Feld 306 ein Tag-Type Feld. In diesem Tag-Type Feld kann der Benutzer die Priorität einer Nachricht festlegen. Die höchste Priorität kann entsprechend dieser Erfindung zur Kennung einer TT-Nachricht verwendet werden. Eine solche Kennung ist konform zum Ethernet Standard [8]. Es sei darauf hingewiesen, dass im Ethernet Standard die Kodevergabe für das Feld 305 noch nicht voll ausgeschöpft ist und daher auch dieses Feld für die Kennung einer TT-Nachricht herangezogen werden könnte.

Fig. 5 zeigt den Aufbau einer TT-Ethernet Nachricht. Zusätzlich zu den in Fig. 4 beschriebenen Feldern wird im Feld 308 ein TT-Parameterfeld eingeführt und in Feld 309 der optionale Sendezeitpunkt der TT-Nachricht angegeben. Ein am Markt verfügbarer standardisierter Ethernet Kontroller sieht in den Feldern 308 und 309 benutzerspezifische Datenfelder. Im TT-Parameterfeld 308 befinden sich Informationen betreffend die Struktur und den Typ der TT-Nachricht.

Fig. 6 zeigt den Inhalt der Bitfelder des TT-Parameterfeldes 308. Ist das Bit in Feld 601 (low-order bit) gesetzt, so bedeutet dies, dass in der TT-Nachricht der Sendezeitpunkt in Feld 309 enthalten ist. Ist das Bit in Feld 602 gesetzt, so bedeutet, dies dass die Nachricht von einem Sender mit einer präzisen Uhrzeit kommt und zur Uhrensynchronisation herangezogen werden darf.

Wenn ein Knotenrechner, z.B. 111, eine TT-Nachricht senden will, so setzt er im Nachrichtenfeld 306 die Kennung für eine TT-Nachricht und sendet die Nachricht. Alternativ kann die auf einem Knotenrechner ablaufenden Applikationssoftware das Bit 601 in der Nachricht setzen und den gewünschten Sendezeitpunkt in das Feld 309 der Nachricht schreiben. Der Sendestart kann dann autonom durch einen erfindungsgemäß erweiterten Ethernet Kommunikationskontroller präzise zum festgelegten Sendezeitpunkt 309 erfolgen. Wenn der Sender das Bit 602 der Nachricht setzt, dann beinhaltet die Nachricht eine besonders präzise Zeitangabe, die für die Uhrensynchronisation der anderen Kontroller herangezogen werden kann.

Der Sternkoppler analysiert eine ankommende Nachricht und stellt an Hand von Feld 306 fest, ob eine TT-Nachricht oder eine ET-Nachricht ankommt. Im Falle einer TT-Nachricht bestimmt der Sternkoppler auf der Basis des Feldes 303 den gewünschten Ausgabekanal, z.B. zu Knoten 114 in Fig. 1. Wenn auf diesem Kanal gerade eine ET-Nachricht gesendet wird, so bricht der Sternkoppler diesen Sendevorgang sofort ab und macht den Kanal zu Knoten 114 innerhalb einer bekannten konstanten Verzögerungszeit  $\Delta$  für den Weitertransport der

gerade ankommende TT-Nachricht frei. Die Verzögerungszeit  $\Delta$  muss so lange gewählt werden, dass in jedem Fall der Ausgangskanal innerhalb dieser Verzögerungszeit  $\Delta$  für den Transport der TT-Nachricht freigemacht werden kann. Im Rahmen einer a priori Planung der TT-Kommunikation muss sichergestellt sein, dass der Abstand zwischen aufeinanderfolgenden TT-Nachrichten größer ist als die Verzögerungszeit  $\Delta$ . Im Einzelfall hält der Sternkoppler diese konstante Verzögerungszeit  $\Delta$  zwischen dem Beginn des Empfanges einer TT-Nachricht und dem Beginn des Sendens einer TT-Nachricht präzise ein. Wenn der Sternkoppler den Transport einer in Konflikt stehenden ET-Nachricht abgebrochen hat, so kann er nach dem zeitgerechten Transport der TT-Nachricht die abgebrochene ET-Nachricht erneut senden. Der Sternkoppler kann auch Guardian Funktionen, wie sie in [4] beschrieben sind, übernehmen um fehlerhafte Nachrichten zu erkennen und zu isolieren und so die Ausbreitung von Fehlern zu verhindern. Wenn eine TT-Nachricht im Feld 309 den Sendezeitpunkt erhält, so kann der Sternkoppler überprüfen, ob die Nachricht entsprechend [6] innerhalb eines bekannten Toleranzintervalls um den Sendezeitpunkt ankommt und die Nachricht verwerfen, wenn dies nicht der Fall ist. Alternativ kann dem Sternkoppler über eine a priori übermittelte Konfigurationsnachricht über Kanal 141 mitgeteilt werden, auf welchen Eingangskanälen zu welchen Zeitpunkten TT-Nachrichten erwartet werden. Diese Informationsredundanz verhindert in einem fehlertoleranten System, dass ein fehlerhafter Rechnerknoten eine falsche Sendezeit in die Nachricht einträgt. Da der Sternkoppler die Nachricht auf der Basis seines eigenen Oszillators und seiner eigenen Stromversorgung am Ausgang kodiert, wird die Weiterleitung eines SOS Fehlers vom Sender an die Empfänger unterbunden [4]. Der Sternkoppler kann seine lokale Uhr initial synchronisieren, indem er den Beginn des Eintreffens einer TT-Nachricht misst und seine Uhr so einstellt, dass sie zu diesem Eintreffenszeitpunkt den Wert der in der Nachricht enthaltenen globalen Zeit 309 angenommen hätte [5].

Eine kontinuierliche fehlertolerante Uhrensynchronisation kann wie folgt realisiert werden: der Sternkoppler bestimmt bei jeder in Feld 602 markierten Synchronisationsnachricht das Intervall zwischen dem mit seiner lokalen Uhr gemessenen Eintreffenszeitpunkt der Synchronisationsnachricht und dem im Feld 309 der Nachricht enthaltenen Sendezeitpunkt [5]. Dieses Intervall ist ein Maß für die Abweichung der Uhr des Empfängers von der Uhr des Senders. Wenn eine Anzahl von solchen Messungen vorliegt, so kann mit einem bekannten fehlertoleranten Synchronisationsalgorithmus, wie in [9] auf S. 61. beschrieben, der Korrekturfaktor für die Uhr des Sternkopplers errechnet werden. Ein solches fehlertolerantes Synchronisationsverfahren kann auch in der Hardware des Sternkopplers realisiert werden [1]. In einem fehlertoleranten System [2,3], in dem replizierte Kommunikationskanäle entsprechend Fig. 2 vorhanden sind, kann jeder Sternkoppler über einen dedizierten Verbindungskanal (151 für Sternkoppler 101 und 152 für Sternkoppler 102) alle TT-Nachrichten an

den anderen Sternkoppler senden, damit dieser auch seine Uhr synchronisieren kann, wenn am eigenen Eingang keine Nachricht ankommt. In einem fehlertoleranten System kann der Sternkoppler innerhalb der Verzögerungszeit  $\Delta$  den Inhalt des Datenfeldes 310 der Nachricht entsprechend ihm über eine Konfigurationsnachricht bekannten Kriterien überprüfen, um Datenfehler des Senders zu erkennen. Eine als fehlerhaft erkannte Nachricht wird vom Sternkoppler nicht weitergeleitet.

Wenn ein empfangender Kommunikationskontroller im Feld 309 der eintreffenden TT-Nachricht den Sendezeitpunkt vorfindet, so kann er seine lokale Uhr initial synchronisieren, indem er den Beginn des Eintreffens dieser Nachricht misst, und seine Uhr so einstellt, dass sie zu diesem Eintreffenszeitpunkt den Wert der in der Nachricht enthaltenen globalen Zeit 309 plus dem konstanten vom Sternkoppler verursachten Verzögerungsintervall  $\Delta$  angenommen hätte [5]. Eine kontinuierliche fehlertolerante Uhrensynchronisation kann wie folgt realisiert werden: der Kommunikationskontroller bestimmt bei jeder in Feld 602 markierten Synchronisationsnachricht das Intervall zwischen den mit seiner lokalen Uhr gemessenen Eintreffenszeitpunkt der Synchronisationsnachricht und dem im Feld 309 der Nachricht enthaltenen Sendezeitpunkt. Er verkürzt dieses Intervall um das bekannte Verzögerungsintervall  $\Delta$  des Sternkopplers. Dieses verkürzte Intervall ist ein Maß für die Abweichung der Uhr des Empfängers von der Uhr des Senders. Wenn eine Anzahl von solchen Messungen vorliegt, so kann mit einem bekannten fehlertoleranten Synchronisationsalgorithmus, wie in [9] auf S. 61. beschrieben, der Korrekturfaktor für die Uhr des Empfängers errechnet werden. Ein solches fehlertolerantes Synchronisationsverfahren kann auch in der Hardware des empfangenden Kommunikationskontrollers realisiert werden [1]. Wenn die Applikationssoftware eines Rechnerknotens, z.B. 111, in das Nachrichtenfeld 309 den beabsichtigten Sendezeitpunkt der Nachricht einträgt, so kann ein erfindungsgemäß erweiterter Kommunikationskontroller den Beginn des Sendens autonom zum präzisen richtigen Sendezeitpunkt veranlassen [2,3]. An der Schnittstelle zwischen dem empfangenden Kommunikationskontroller, z.B. 121 und der Applikationssoftware kann ein erfindungsgemäß erweiterter Kommunikationskontroller ET-Nachrichten und TT-Nachrichten unterschiedlich anbieten. ET-Nachrichten beinhalten normalerweise Informationen über Ereignisse und müssen nach der Ereignissemantik bearbeitet werden[7]. Die Ereignissemantik verlangt, dass eintreffende Nachrichten in einer Warteschlange zwischengespeichert werden und exakt einmal an den Benutzerprozess übergeben werden. TT-Nachrichten beinhalten normalerweise Zustandsdaten, die entsprechend der Zustandssemantik in einem gemeinsamen Speicher angeboten werden können. Das Eintreffen einer neuen TT-Nachricht überschreibt den Speicherwert einer älteren TT-Nachricht gleichen Namens. Der empfangende Prozess liest Zustandsdaten nicht konsumierend. In einem fehlertoleranten System, das über mehrere unabhängige Kommunikationskanäle verfügt, z.B. über zwei Kanäle wie in Fig. 2, werden Nachrichten

repliziert gesendet. In einem solchen System ist die Kommunikation erfolgreich, wenn mindestens eine der replizierten Nachrichtenkopien beim Empfänger ankommt.

Abschließend sei festgehalten, dass die vorab beschriebene konkrete Implementierung der Integration von zeitgesteuerten und ereignisgesteuerten Nachrichten im Ethernet nur eine von vielen möglichen Implementierungsvarianten der vorliegenden Erfindung darstellt. Zum Beispiel ist es möglich, die Entscheidung, ob eine beim Sternkoppler ankommende Nachricht eine TT-Nachricht ist, nicht vom Nachrichteninhalt in Feld 306 oder in Feld 305 sondern vom Zeitpunkt des Eintreffens einer Nachricht beim Sternkoppler abzuleiten. In einem solchen Fall muss dem Sternkoppler a priori über eine Konfigurationsnachricht bekannt gegeben werden, wann und auf welchem Kanal eine TT-Nachricht zu erwarten ist. Das gleiche gilt für die Kommunikationskontroller.

Es ist ein wesentliches Charakteristikum dieser Erfindung, dass bestehende handelsübliche Ethernet Controller ohne Veränderung zeitgesteuerte Nachrichten senden und empfangen können.

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Kommunikationsverfahren zur Übertragung von Ethernet-Nachrichten in einem verteilten Echtzeitsystem, in dem eine Vielzahl von Knotenrechnern, z.B. vier Knotenrechner (111, 112, 113, 114), die über mindestens je einen Kommunikationskontroller (121, 122, 123, 124) verfügen, über ein Kommunikationssystem bestehend aus einem oder mehreren Kommunikationskanälen (109) verbunden sind, wobei in jedem Kommunikationskanal ein oder mehrere intelligente Sternkoppler (101, 102) angeordnet sind,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

zwischen herkömmlichen Ethernet-Nachrichten (ET-Nachrichten) und zeitgesteuerten Ethernet-Nachrichten (TT-Nachrichten) unterschieden wird,

die TT-Nachrichten mit einer a priori bekannten konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) zwischen Sender und Empfänger transportiert werden,

und bei einem zeitlichen Konflikt zwischen ET- und TT-Nachrichten der Transport der in Konflikt stehenden ET-Nachricht verzögert oder abgebrochen wird, um die TT-Nachricht mit der konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) transportieren zu können.

2. Kommunikationsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die konstante Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) so gewählt wird, dass innerhalb dieser Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) die Ausgangskanäle des Sternkopplers (101, 102) für den Transport der eintreffenden TT-Nachricht frei gemacht werden können.

3. Kommunikationsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ausgezeichneten Feld der Nachricht gekennzeichnet ist, ob die Nachricht eine TT-Nachricht oder eine ET-Nachricht ist.

4. Kommunikationsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer TT-Nachricht ein optionales Zeitfeld (309) enthalten ist, das den Sendezeitpunkt der Nachricht angibt.

5. Kommunikationsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch eine a priori Planung festgelegt wird, dass zwischen dem Transport von

zwei TT-Nachrichten ein zeitlicher Abstand von mindestens der konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) eingehalten wird.

6. Sternkoppler für ein Kommunikationssystem zur Übertragung von Ethernet-Nachrichten in einem verteilten Echtzeitsystem umfassend eine Vielzahl von Knotenrechnern, z.B. vier Knotenrechner (111, 112, 113, 114), die über mindestens je einen Kommunikationskontroller (121, 122, 123, 124) verfügen, wobei das Kommunikationssystem aus einem oder mehreren Kommunikationskanälen (109) besteht, über welche die Knotenrechner (111, 112, 113, 114) miteinander verbunden sind, und wobei in jedem Kommunikationskanal ein oder mehrere intelligente Sternkoppler (101, 102) angeordnet sind,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

er dazu eingerichtet ist, zwischen herkömmlichen Ethernet-Nachrichten (ET-Nachrichten) und zeitgesteuerten Ethernet-Nachrichten (TT-Nachrichten) zu unterscheiden, und

die TT-Nachrichten mit einer a priori bekannten konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) zwischen Sender und Empfänger zu transportieren,

wobei bei einem zeitlichen Konflikt zwischen ET- und TT-Nachrichten der Transport der in Konflikt stehenden ET-Nachricht verzögert oder abgebrochen wird, um die TT-Nachricht mit der konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) transportieren zu können.

7. Sternkoppler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die konstante Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) so gewählt ist, dass innerhalb dieser Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) die Ausgangskanäle des Sternkopplers (101, 102) für den Transport der eintreffenden TT-Nachricht frei gemacht werden können.

8. Sternkoppler nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ausgezeichneten Feld der Nachricht gekennzeichnet ist, ob die Nachricht eine TT-Nachricht oder eine ET-Nachricht ist.

9. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer TT-Nachricht ein optionales Zeitfeld (309) enthalten ist, das den Sendezeitpunkt der Nachricht angibt.

10. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch eine a priori Planung festgelegt ist, dass zwischen dem Transport von zwei TT-Nachrichten

ein zeitlicher Abstand von mindestens der konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) eingehalten wird.

11. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass dem Sternkoppler über eine Konfigurationsnachricht bekannt gegeben wird, zu welchen Zeitpunkten eintreffende Nachrichten TT-Nachrichten sind.

12. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass er zwischen TT-Nachrichten und ET-Nachrichten unterscheidet und die TT-Nachrichten mit einer a priori bekannten konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) transportiert, und bei einem zeitlichen Konflikt zwischen ET- und TT-Nachrichten den Transport der in Konflikt stehenden ET-Nachricht abbricht, um die TT-Nachricht mit der konstanten Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) transportieren zu können.

13. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass er nach der zeitgerechten Übertragung einer TT-Nachricht die in Konflikt gestandene abgebrochene ET-Nachricht erneut sendet.

14. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass Sternkoppler seine lokale Uhr unter Nutzung des in einer TT-Nachricht enthaltenen Zeitfeldes (309) synchronisiert.

15. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass er seine lokale Uhr unter Nutzung der in mehreren TT-Nachrichten enthaltenen Zeitfelder (309) fehlertolerant synchronisiert.

16. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass er über einen dedizierten unidirektionalen Kanal (151), auf dem alle TT-Nachrichten, die der Sternkoppler transportiert, ausgegeben werden, mit den replizierten Sternkopplern innerhalb eines Clusters von Knotenrechnern verbunden ist.

17. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass er bei jeder TT-Nachricht auf der Basis seiner lokalen Zeit überprüft, ob die TT-Nachricht innerhalb eines a priori bekannten Zeitfensters um den in der Nachricht enthaltenen Sendezeitpunkt (309) ankommt, und der bei verfrühtem oder verspätetem Eintreffen einer TT-Nachricht die Nachricht so verstümmelt, dass alle korrekten Empfänger die Nachricht als fehlerhaft erkennen.



18. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** er jede TT-Nachricht dekodiert und auf der Basis seines lokalen Zeitgebers erneut kodiert.

19. Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** er ein oder mehrere ausgewählte Felder von TT-Nachrichten liest und während der Verzögerungszeit ( $\Delta$ ) überprüft, ob der Inhalt dieser Felder mit bekannten Kriterien, die dem Sternkoppler über eine Konfigurationsnachricht a priori mitgeteilt wurden, übereinstimmt, und der, falls eine Übereinstimmung nicht gegeben ist, die Nachricht so verstümmelt, dass alle korrekten Empfänger die Nachricht als fehlerhaft erkennen.

20. Kommunikationssystem zur Übertragung von Ethernet-Nachrichten in einem verteilten Echtzeitsystem umfassend eine Vielzahl von Knotenrechnern, z.B. vier Knotenrechner (111, 112, 113, 114), die über mindestens je einen Kommunikationskontroller (121, 122, 123, 124) verfügen, wobei das Kommunikationssystem aus einem oder mehreren Kommunikationskanälen (109) besteht, über welche die Knotenrechner (111, 112, 113, 114) miteinander verbunden sind, und wobei in jedem Kommunikationskanal ein oder mehrere intelligente Sternkoppler (101, 102) angeordnet sind, **gekennzeichnet durch** einen Sternkoppler nach einem der Ansprüche 6 bis 19.

21. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 6 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kommunikationskontroller seine lokale Uhr unter Nutzung des in einer TT-Nachrichten enthaltenen Zeitfeldes (309) synchronisiert.

22. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 6 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kommunikationskontroller seine lokale Uhr unter Nutzung der in mehreren TT-Nachrichten enthaltenen Zeitfelder (309) fehlertolerant synchronisiert.

23. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 6 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kommunikationskontroller eine von einer auf einem Knotenrechner ablaufenden Applikation übernommene TT-Nachricht autonom sendet, sobald der in der Nachricht im Zeitfeld (309) angegebene Sendezeitpunkt erreicht wird.

24. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 6 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kommunikationskontroller zwischen ET- und TT-Nachrichten unterscheidet und der Kommunikationskontroller die ET-Nachrichten entsprechend der Ereignissemantik an die lokale Applikationssoftware anbietet, wobei eine neue Nachricht in eine Warteschlange eingereiht wird, aus der von der Applikationssoftware konsumierend gelesen wird, und der Kommunikationskontroller TT-Nachrichten entsprechend der Zustandssemantik an die

lokale Applikationssoftware anbietet, wobei eine neue Nachricht die alte Version der Nachricht ersetzt und das Lesen durch die lokale Applikationssoftware nicht konsumierend erfolgt.

25. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 6 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Kommunikationskontroller über zwei oder mehr unabhängige Kommunikationskanäle verfügt, auf denen identische Kopien einer TT-Nachricht angeboten werden, und der einen Kommunikationsvorgang als erfolgreich betrachtet, wenn auf mindestens einem dieser redundanten Kanäle eine gültige TT-Nachricht rechtzeitig eintrifft.

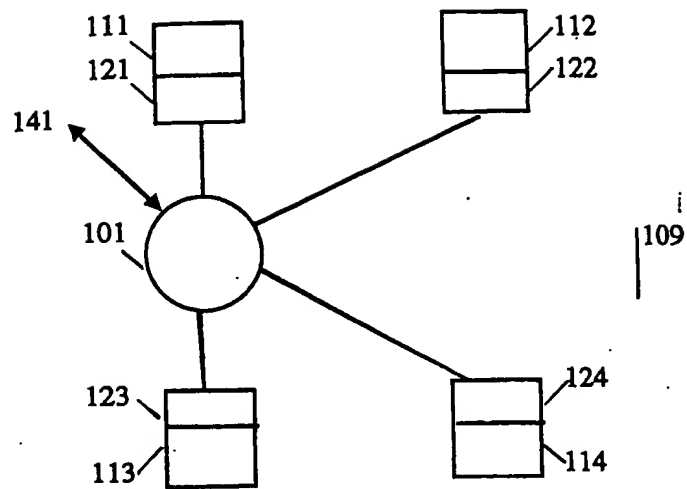


FIG. 1

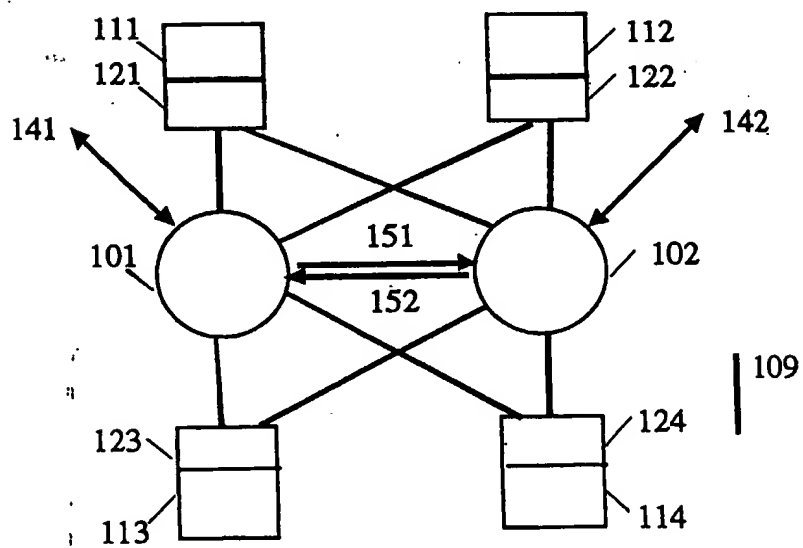


FIG. 2

2/3

Einleitung (7 Bytes)	— 301
Start Begrenzungsfeld (1 byte)	— 302
Zieladresse (6 Bytes)	— 303
Senderadresse (6 Bytes)	— 304
Nachrichtenlänge / Typ (2 Bytes)	— 307
Datenfeld (0 bis n Bytes) (variabel)	— 310
PAD (0 bis 64 Bytes)	— 311
Feldüberprüfungssequenz (4 Bytes)	— 312

FIG.3

Einleitung (7 Bytes)	— 301
Start Begrenzungsfeld (1 byte)	— 302
Zieladresse (6 Bytes)	— 303
Senderadresse (6 Bytes)	— 304
Kode-Vergabe (0x8 100)	— 305
Nachrichtenkennung (2 Bytes)	— 306
Nachrichtenlänge / Typ (2 Bytes)	— 307
Datenfeld (0 bis n Bytes) (variabel)	— 310
PAD (0 bis 64 Bytes)	— 311
Feldüberprüfungssequenz (4 Bytes)	— 312

FIG.4

3/3

Einleitung (7 Bytes)	— 301
Start Begrenzungsfeld (1 byte)	— 302
Zieladresse (6 Bytes)	— 303
Senderadresse (6 Bytes)	— 304
Kode-Vergabe (0x8 100)	— 305
Nachrichtenkennung (2 Bytes)	— 306
Nachrichtenlänge / Typ (2 Bytes)	— 307
TT Parameterfeld (2 Bytes)	— 308
Sendezeitpunkt (8 Bytes)	— 309
Datenfeld (0 bis n Bytes) (variabel)	— 310
PAD (0 bis 64 Bytes)	— 311
Feldüberprüfungssequenz (4 Bytes)	— 312

FIG.5

Nachrichten Synchronisieren (Bit 0)	— 601
Sendezeitpunkt (Bit 1)	— 602
Festzulegen (14 Bits)	

FIG.6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/AT 03/00164

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L12/64 H04L12/44 H04J3/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L H04J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 95550 A (HOLMEIDE OEYVIND ;ONTIME NETWORKS AS (NO); LILJESTROEM LENNART (SE) 13 December 2001 (2001-12-13) page 3, line 1 -page 4, line 3 page 6, line 13 -page 6, line 32 page 9, line 1 - line 25 figure 5	1-25
X	WO 01 95562 A (HOLMEIDE OEYVIND ;ONTIME NETWORKS AS (NO); LILJESTROEM LENNART (SE) 13 December 2001 (2001-12-13) page 8, line 9 -page 9, line 12; figure 3	1-6
A	EP 0 596 650 A (NAT SEMICONDUCTOR CORP) 11 May 1994 (1994-05-11) the whole document	1-25

-/-



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 October 2003

Date of mailing of the international search report

28/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schneider, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/AT 03/00164

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 6 141 355 A (CRUZ RENE L ET AL)  31 October 2000 (2000-10-31)  column 4, line 18 -column 8, line 17  -----</p>	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/AT 03/00164

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0195550	A	13-12-2001	NO	20002884 A	07-12-2001
			AU	8268601 A	17-12-2001
			WO	0195550 A2	13-12-2001
WO 0195562	A	13-12-2001	NO	20002883 A	07-12-2001
			AU	8026401 A	17-12-2001
			EP	1290839 A2	12-03-2003
			WO	0195562 A2	13-12-2001
			US	2003142696 A1	31-07-2003
EP 0596650	A	11-05-1994	EP	0596650 A1	11-05-1994
			JP	6261044 A	16-09-1994
US 6141355	A	31-10-2000	AU	2021100 A	29-05-2000
			CA	2349461 A1	18-05-2000
			EP	1125386 A1	22-08-2001
			WO	0028684 A1	18-05-2000



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC7AT 03/00164

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 H04L12/64 H04L12/44 H04J3/06		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H04L H04J		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01 95550 A (HOLMEIDE OEYVIND ; ONTIME NETWORKS AS (NO); LILJESTROEM LENNART (SE) 13. Dezember 2001 (2001-12-13) Seite 3, Zeile 1 - Seite 4, Zeile 3 Seite 6, Zeile 13 - Seite 6, Zeile 32 Seite 9, Zeile 1 - Zeile 25 Abbildung 5	1-25
X	WO 01 95562 A (HOLMEIDE OEYVIND ; ONTIME NETWORKS AS (NO); LILJESTROEM LENNART (SE) 13. Dezember 2001 (2001-12-13) Seite 8, Zeile 9 - Seite 9, Zeile 12; Abbildung 3	1-6
A	EP 0 596 650 A (NAT SEMICONDUCTOR CORP) 11. Mai 1994 (1994-05-11) das ganze Dokument	1-25
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "G" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 21. Oktober 2003		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 28/10/2003
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Schneider, G

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 03/00164

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US 6 141 355 A (CRUZ RENE L ET AL)  31. Oktober 2000 (2000-10-31)  Spalte 4, Zeile 18 -Spalte 8, Zeile 17  -----</p>	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 03/00164

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0195550 A	13-12-2001	NO 20002884 A AU 8268601 A WO 0195550 A2	07-12-2001 17-12-2001 13-12-2001
WO 0195562 A	13-12-2001	NO 20002883 A AU 8026401 A EP 1290839 A2 WO 0195562 A2 US 2003142696 A1	07-12-2001 17-12-2001 12-03-2003 13-12-2001 31-07-2003
EP 0596650 A	11-05-1994	EP 0596650 A1 JP 6261044 A	11-05-1994 16-09-1994
US 6141355 A	31-10-2000	AU 2021100 A CA 2349461 A1 EP 1125386 A1 WO 0028684 A1	29-05-2000 18-05-2000 22-08-2001 18-05-2000

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**